Surveillance des pulvérisations
aériennes d'insecticides contre la
tordeuse des bourgeons de l'épinette
au Québec en 1984

PERSISTANCE DES RESIDUS D'AMINOCARBE ET DE FENITROTHION DANS LES EAUX NATURELLES EN MILIEU FORESTIER

Guy Mamarbachi, M.Sc. Chimiste
Renaud Dostie, tech. de la faune
Pierre-Martin Marotte, biologiste

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Energie et des Ressources
Direction de la Conservation

Service d'entomologie et
de Pathologie

Dr. Jean-Guy Davidson, ing. f.
Chef

division environnement et
sécurité

Gilles Gaboury, biol.
Responsable de division

Janvier 1985

RESUME

La persistance des résidus d'insecticides dans l'eau suite aux pulvérisations aériennes a été évaluée. Les données obtenues dans la présente étude ont montré qu'en milieu lentique, les concentrations initiales en surface sont plus élevées qu'en profondeur et l'équilibre est atteint entre 11 et 28 heures après l'arrosage. Les résidus de fénitrothion et d'aminocarbe ont diminué de moitié après des périodes de 5 à 44 heures. Au-delà de 14 jours après l'application, ceux-ci ne sont plus détectés ou avoisinent la limite de détection. Les concentrations maximales ont été de 202 et 36 µg/ℓ respectivement. En milieu lotique, on observe jusqu'à 7 heures une alternance d'augmentation et de diminution des concentrations. Les résidus d'aminocarbe ne sont plus détectés après une période de 96 heures. Les concentrations maximales ont été de 7.4 µg/ℓ pour le fénitrothion et de 20.7 µg/ℓ pour l'aminocarbe. Dans la rivière St-Jean, à 33 Km du bloc traité, le fénitrothion et l'aminocarbe ont été décelés chacun une seule fois pendant une période de 20 jours, à des concentrations respectives de 0.137 et 0.013 µg/ℓ.

TABLE DES MATIERES

RESUME..... i
LISTE DES TABLEAUX..... iii
LISTE DES FIGURES..... iv
1- INTRODUCTION..... 1
2- TERRITOIRE ET PULVERISATION D'INSECTICIDES..... 2
3- MATERIEL ET METHODES..... 5
3.1 Echantillonnage..... 5
3.1.1 A l'intérieur des blocs..... 5
3.1.1.1 Eau lentique..... 5
3.1.1.2 Eau lotique..... 6
3.1.2 A l'extérieur des blocs..... 7
3.1.2.1 Eau lotique..... 7
3.2 Méthode analytique..... 7
4- RESULTAT ET DISCUSSION..... 9
4.1 Intérieur de l'aire traitée..... 9
4.1.1 Milieu lentique..... 9
4.1.2 Milieu lotique..... 13
4.2 Extérieur de l'aire traitée..... 17
4.2.1 Milieu lotique..... 17
REFERENCES..... 19

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Préparation d'insecticides chimiques pulvérisées lors du programme de lutte contre la tordeuse effectué au Québec en 1984..... 4

Tableau 2: Echantillonnage à l'intérieur et à l'extérieur des blocs 8

Tableau 3: Concentrations des résidus d'aminocarbe et de fénitrothion en milieu lentique..... 11

Tableau 4: Concentrations des résidus d'aminocarbe et de fénitrothion en milieu lotique..... 15

Tableau 5: Résidus d'insecticides dans la rivière St-Jean..... 18

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Superficies traitées contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, au Québec, en 1984..... 3

Figure 2: Disparition des résidus d'insecticides en milien lentique..... 12

Figure 3: Disparition des résidus d'insecticides en milieu lotique..... 16

1- INTRODUCTION

Comme par le passé, le ministère de l'Energie et des Ressources (MER) a entrepris en 1984 un programme d'échantillonnage relatif aux eaux naturelles en milieu forestier. L'objectif de ce programme diffère cependant de ceux des années antérieures et vise plutôt à étudier l'évolution et la persistance des résidus dans le temps, suite aux pulvérisations aériennes d'insecticides.

Dans cette étude, deux milieux aquatiques distincts, lentique et lotique, ont été pris en considération étant donné que les résidus évoluent différemment selon les caractéristiques propres à chaque milieu.

Parallèlement à ce programme, le MER a effectué des prélèvements d'eau dans la rivière St-Jean, située à l'extérieur des blocs traités, afin de déterminer le niveau de contamination de ces eaux par les résidus d'insecticides.

2- TERRITOIRE ET PULVERISATION D'INSECTICIDES

La région soumise aux pulvérisations de 1984 s'étend sur tout le sud-est du Québec et a couvert une superficie de 673 046 hectares (figure 1). De cette superficie, 306 325 ha ont été traités à l'insecticide biologique, 299 064 ha à l'aminocarbe, 33 594 ha au fénitrothion et 34 063 ha aux deux insecticides chimiques.

Le programme de pulvérisation s'est déroulé du 18 mai au 3 juillet avec des quadrimoteurs de type Constellation L-749, DC-4G et DC6 ou des monomoteurs de type AgCat et Turbo Trush. Le système de pulvérisation des quadrimoteurs était constitué de longerons et gicleurs avec buses à jet plat #8010, alors que les monomoteurs étaient équipés de Mini Micronair ^{MD}. Les parcelles traitées par quadrimoteurs recevaient une double application à intervalle d'environ 5 jours, mais certaines d'entre elles n'ont reçu qu'une seule application, suite à des conditions météorologiques défavorables ou à une forte baisse des populations larvaires après la première application.

Les insecticides utilisés furent l'aminocarbe (Matacil^{MD} 180D et 180F) et le fénirothion aux taux respectifs de 52 et 210g d'ingrédient actif par hectare. Le tableau I présente la description détaillée de ces préparations d'insecticides utilisées lors du programme de pulvérisation de 1984.

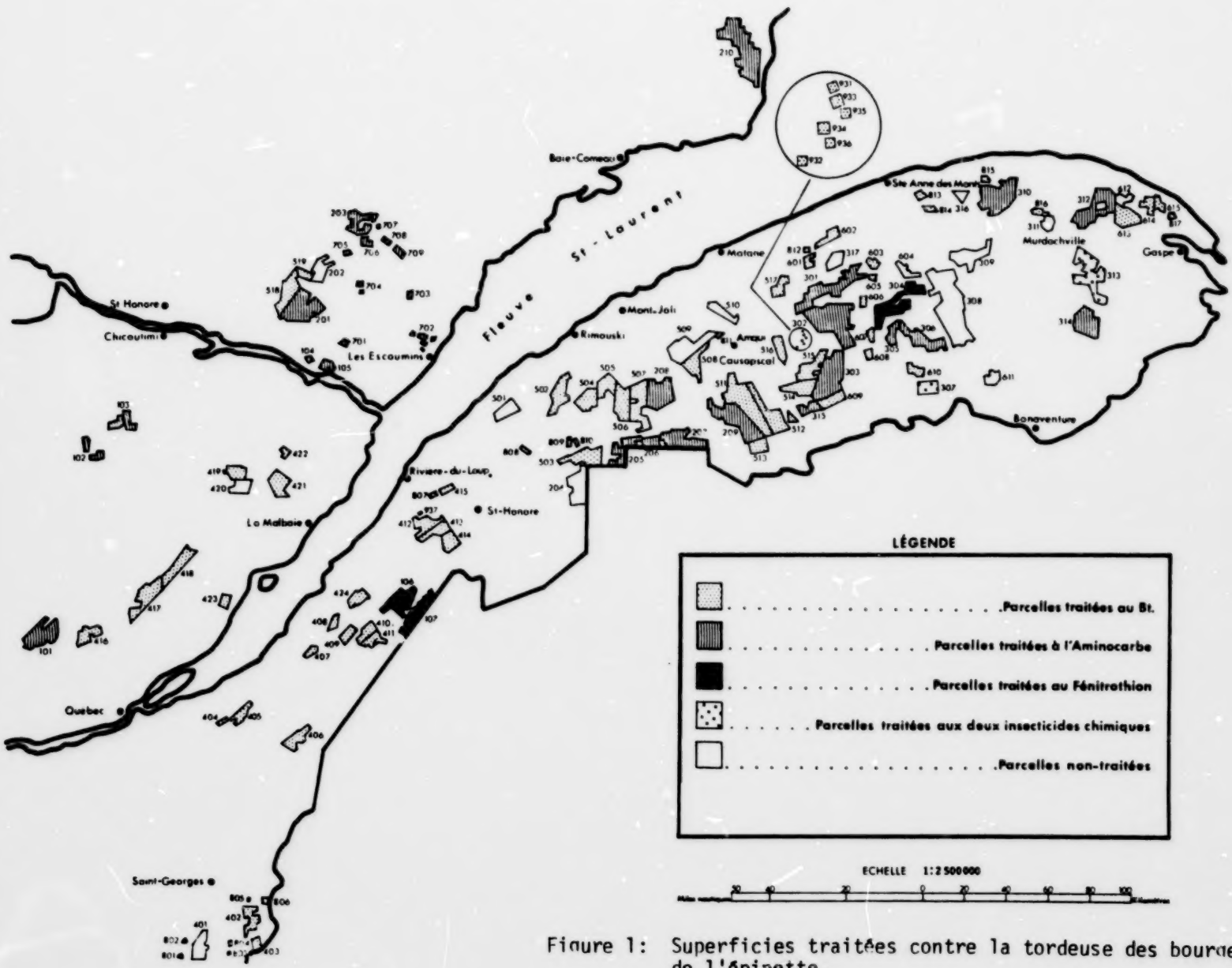

Figure 1: Superficies traitées contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

Tableau 1: Préparations d'insecticides chimiques pulvérisées lors du programme de lutte contre la tordeuse effectué au Québec en 1984

Avion	Matière active (produit commercial)	Dosage (g/ha)*	Volume de la préparation (ℓ/ha)	Préparation V/V			
				Produit commercial (%)	Cyclosol 63 (%)	Diluant** (%)	Colorant (%)
Quadrimoteurs							
	Fénitrothion (Sumithion 95%)	210	1,4	11,3	40	48,2	0,5
	Aminocarbe (Matacil 180D MD et 180F MD)	52	1,4	20,8	--	78,7	0,5
Monomoteurs							
	Aminocarbe (Matacil 180D MD)	87,5	2,34	20,8	--	78,7	0,5

* ingrédient actif
** huile 585

3- MATERIEL ET METHODES

3.1 Echantillonnage

3.1.1 A l'intérieur des blocs

3.1.1.1 Eau lentique

Les stations d'échantillonnage étaient formées de petites étendues d'eau, ayant 5 à 10m de diamètre et au moins 50cm de profondeur. Cinq stations seulement ont pu être sélectionnées, dont quatre à l'intérieur des blocs traités à l'aminocarbe et une au fénitrothion. Ce faible nombre de stations s'explique par la difficulté de trouver des mares adéquates pour cette étude. A chacune des stations, des prélèvements en surface et en profondeur étaient prévus aux délais suivants: 1, 5, 12 et 27 heures après l'application. L'échantillonnage en profondeur devait se poursuivre pour des périodes de 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 30 et 120 jours. Avant la pulvérisation, un échantillon d'eau devait être prélevé en profondeur dans chaque mare. Les délais ont toutefois varié en raison de contraintes opérationnelles.
Au total, 65 échantillons ont été récoltés dont 48 pour l'analyse de l'aminocarbe et 17 pour le fénitrothion (tableau 2).

L'eau est prélevée à l'aide d'une bouteille en verre de 1 litre, du type Sovirel ^{MD}, préalablement rinçée par l'acétone et l'hexane. En surface, celle-ci est enfoncée lentement jusqu'à ce que le goulot atteigne le niveau d'eau. Elle est ensuite inclinée légèrement puis poussée d'un mouvement circulaire afin d'introduire l'eau de surface. La récolte en pro-

fondeur (30cm), précédée toujours de celle en surface, est effectuée à l'aide d'un échantillonneur du type Wheaton MD. Celui-ci est nettoyé à l'alcool avant chaque utilisation.

Dès qu'on a obtenu 1 litre d'eau, on recouvre le goulot de la bouteille d'une feuille d'aluminium pour éviter un contact direct entre l'eau et le bouchon. L'échantillon est par la suite conservé dans une glacière, remplie de glaçons, pour une période maximale de 4 jours avant son extraction au laboratoire, conformément aux résultats d'une étude effectuée par Marotte et Mamarbachi (5).

3.1.1.2 Eau lotique

Les cours d'eau ont été choisis en fonction de l'importance de leur bassin versant à l'intérieur de la zone pulvérisée et de leur accessibilité. L'échantillonnage d'eau était prévu aux séquences suivantes: pré-arrosage, 0.25, 0.50, 0.75, 1, 1.5, 5, 27, 50 et 100 heures après la pulvérisation. Ces délais ont varié pour les mêmes raisons citées précédemment. Cinq stations ont été retenues pour l'étude de l'aminocarbe et une pour le fénitrothion, et dans lesquelles on a prélevé respectivement 47 et 10 échantillons (tableau 2).

L'échantillon est prélevé au centre du cours d'eau et en amont de l'échantillonneur. La bouteille, dont le goulot est placé face au courant, est enfoncée jusqu'à ce que celui-ci rejoigne le niveau d'eau. Après le prélèvement, l'échantillon est conservé de la même façon que précédemment.

3.1.2 A l'extérieur des blocs

3.1.2.1 Eau lotique

Deux stations d'échantillonnage, situées à 7.5 et 35 km du bloc 313, ont été choisies sur la rivière St-Jean. A chacune des stations, 9 échantillons d'eau ont été prélevés pour la détermination des résidus de fénitrothion et 11 pour celui-ci et l'aminocarbe (tableau 2). L'échantillonnage s'est étalé sur une période de 20 jours et s'est poursuivi jusqu'à 6 jours après le dernier arrosage.

Les méthodes de prélèvement et de conservation des échantillons sont les mêmes que celles décrites précédemment.

3.2 Méthodologie analytique

L'analyse des résidus de fénitrothion et d'aminocarbe dans l'eau a été effectuée au laboratoire des pesticides du MER. La méthode utilisée est déjà décrite par Morin et al. (1).

TABLEAU 2: Echantillonnage à l'intérieur et à l'extérieur des blocs

Milieu	Insecticide	Nombre de stations	Nombre d'échantillons	
			Surface	Profondeur
A l'intérieur de l'aire pulvérisée				
Lentique	Aminocarbe	4	13	38
	Fénitrothion	1	4	14
Lotique	Aminocarbe	5	48	--
	Fénitrothion	1	10	--
A l'extérieur de l'aire pulvérisée				
Lotique	Fénitrothion	2	18	--
	Fén. + Amino.	2	22	--

4- RESULTAT ET DISCUSSION

4.1 Intérieur de l'aire traitée

4.1.1 Milieu lentique

Le tableau 3 montre les concentrations des résidus d'insecticides dans les différentes stations étudiées en fonction du temps après les pulvérisations. Dans toutes les stations, les concentrations initiales sont plus élevées en surface qu'en profondeur et avec un écart de plus de cent fois pour la station 302K. Ces différences de concentrations entre les deux niveaux d'eau indiquent que le film d'huile qui s'est déposé à la surface de l'eau, et qui renferme de fortes teneurs en insecticide, n'a atteint que partiellement les eaux profondes. Les résidus décelés entre 11 et 28 h après l'arrosage le démontrent amplement, où l'on observe des concentrations d'insecticides distribuées uniformément dans les deux niveaux.

En surface, les résidus d'aminocarbe détectés 1 heure après l'arrosage ont décru de 26% (station 301 Z) à 99.9% (station 302 K) après des périodes allant de 23 à 28 heures. La concentration maximale a été de 35.9 µg/ℓ (station 207 G). Pour le fénitrothion, la diminution a été de 97%, 38 heures après l'arrosage et avec une valeur maximale de 202 µg/ℓ.

Dans les eaux profondes, 72 heures après l'arrosage, l'ampleur des disparitions de résidus varie beaucoup selon la station: de 94% pour 107G à 6% pour la 209N et des résidus non-détectés à la 302 K. Les valeurs extrêmes observées dans ces deux dernières stations sont dues aux très faibles concen-

trations décelées initialement dans la 302 K (0.218 µg/ℓ) et à l'accroissement de concentration dans la 209 N après une période de 28 heures. Par ailleurs, de 48 à 120 heures, les résidus d'aminocarbe semblent diminuer de façon plus progressive et uniforme (de 45 à 70%) tandis que ceux du fénirothion continuent de chuter brusquement (95%) (figure 2). Au-delà de 14 jours après l'arrosage, les résidus ne sont plus détectés ou avoisinent la limite de détection. Les concentrations maximales ont été de 12.2 µg/ℓ pour l'aminocarbe et de 39.3 µg/ℓ pour le fénitrothion après 1 et 5 heures respectivement.

Les demi-vies des résidus d'aminocarbe et de fénitrothion dans l'eau en profondeur ont été déterminées à chacune des stations. Des durées de 5, 7, 40, 44 et 10 heures ont été obtenues pour les différentes stations énumérées dans l'ordre au tableau 3. Ces résultats montrent que, consécutive aux pulvérisations aériennes d'insecticides, la persistance des résidus dans l'eau est de courte durée, confirmant ainsi ceux rapportés dans des études similaires (2,3).

La disparition rapide des résidus d'insecticides observée dans l'eau est attribuée à la dilution, à la volatilisation ainsi qu'à la décomposition des produits. Celles-ci ont déjà fait l'objet de plusieurs recherches, sur des projets identiques, et où l'on a mis en évidence la grande vulnérabilité de ces deux insecticides face aux effets biologiques et chimiques du milieu, tels que la photolyse, l'hydrolyse, l'oxydation (3,4).

TABLEAU 3: Concentrations des résidus d'aminocarbe et de fénitrothion en milieu lentique suite aux pulvérisations aériennes

Délai	Aminocarbe								Fénitrothion	
	207-G		302-K		301-K		209-N		107-G	
	S*	P**	S	P	S	P	S	P	S	P
Pré	--	--	--	N.D.***	--	N.D.	--	--	--	N.D.
1 h.	35.9	12.2	24.8	0.218	6.08	4.34	2.82	0.787	--	--
1.5 h.	--	--	--	--	--	--	--	--	202.0	32.0
5 h.	10.9	6.01	1.90	0.404	--	--	--	--	28.4	39.3
11 à 15 h.	--	--	0.281	0.216	--	4.39	3.40	--	19.0	20.2
23 à 28 h.	3.59	3.24	0.014	0.010	4.49	3.13	1.32	1.59	--	--
38 h.	--	--	--	--	--	--	--	--	6.15	8.71
48 à 54 h.	--	2.66	--	0.011	--	2.37	--	1.12	--	4.83
72 h.	--	1.75	--	N.D.	--	1.90	--	0.741	--	1.92
96 h.	--	1.46	--	N.D.	--	1.52	--	--	--	0.740
120 h.	--	--	--	N.D.	--	1.09	--	0.326	--	0.219
7 à 9 j.	--	N.D.	--	N.D.	--	0.128	--	0.015	--	0.033
14 à 17 j.	--	0.017	--	--	--	N.D.	--	--	--	--
19 j.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	N.D.
30 j.	--	0.011	--	--	--	N.D.	--	--	--	N.D.
120 j.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	N.D.

* surface ** profondeur *** non-détecté (< 0.010 µg/ℓ)

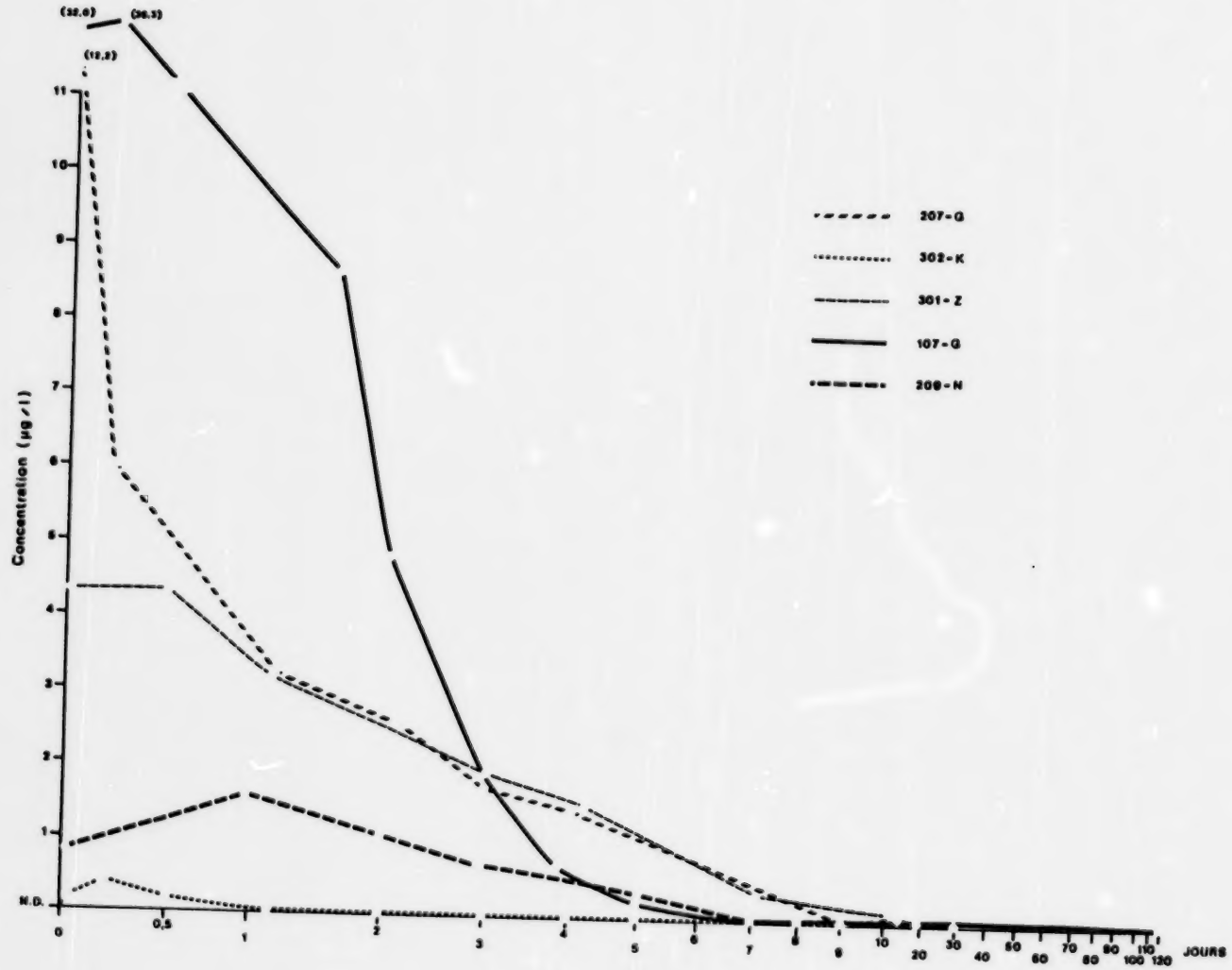

Figure 2: Disparition des résidus d'insecticides en milieu lentique.

4.1.2 Milieu lotique

Le tableau 4 montre les concentrations des résidus d'insecticides dans les différentes stations en fonction du temps après les pulvérisations. Les plus fortes concentrations d'aminocarbe sont détectées en l'espace d'une heure après l'arrosage, avec une valeur maximale de 30.5 µg/ℓ à la station 310 N. Cependant, des concentrations équivalentes à celles détectées jusqu'à 1 heure ont été observées jusqu'à 24 heures. Celles-ci peuvent provenir d'une succession de dépôts de l'insecticide dans le bassin hydrographique selon les lignes de vol, ce qui peut provoquer l'apparition de pics successifs comme c'est le cas de la station 207 E à la figure 3. Ce phénomène peut être dû aussi, en partie aux caractéristiques du milieu lotique lui-même, où le mouvement turbulent ou régulier de l'eau accélère ou ralentit le transport des résidus, particulièrement lorsque ceux-ci sont adsorbés par les particules en suspension.

L'arrivée tardive (5h) des résidus de fénitrothion à la station 106 C s'explique par l'interruption des pulvérisations au-dessus de la station d'échantillonnage. De plus, cette station étant située à la frontière de l'aire pulvérisée, les vents auraient déplacé le nuage d'insecticide vers l'intérieur de l'aire traitée, en amont de la station d'échantillonnage. La concentration de 0.150 µg/ℓ détectée avant l'arrosage est attribuée aux pulvérisations effectuées deux jours auparavant dans le même bloc et plus en amont sur le bassin versant.

Après une période de 96 heures, les résidus d'aminocarbe ne sont plus détectés, à l'exception de la station 310 N où la présence des résidus proviendrait d'une pulvérisation effectuée au délai 48 heures dans le même bloc et plus en amont sur le bassin versant. Pour la même période, il ne reste que d'infimes quantités de résidus de fénitrothion (0.055 µg/ℓ). Ces résultats indiquent, qu'en milieu lotique, la disparition des résidus est nettement plus rapide qu'en milieu lentique, ce qui n'est pas inattendu étant donné que les eaux du premier sont constamment renouvelées. On présume, dans ces conditions, que la dilution serait la principale cause d'une disparition rapide des résidus en milieu lotique.

TABLEAU 4: Concentrations des résidus d'aminocarbe et fénitrothion en milieu lotique suite aux pulvérisations aériennes.

Délai	Aminocarbe					Fénitrothion
(h)	206-A	207-E	209-G	302-Z	310-N	106-C
Pré-arrosage	--	--	N.D.*	N.D.	N.D.	0.150
0.08	--	--	--	--	30.5	--
0.25	1.96	5.45	1.29	0.044	10.2	0.280
0.5	0.490	2.05	0.874	0.099	20.7	0.347
0.75	1.22	5.97	0.539	0.295	--	0.593
1.0	0.095	3.67	0.579	0.063	8.96	0.998
1.5	0.024	1.81	0.044	0.146	1.48	1.55
5	0.088	5.14	--	--	--	7.43
7	--	--	--	--	2.26	--
11	--	--	0.342	--	--	--
14	--	--	--	0.161	--	--
24	0.020	0.066	0.245	N.D.	0.054	0.998
48	0.012	N.D.	0.061	N.D.	N.D.	0.180
96	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.066	0.055

* non-détecté (< 0.010 µg/ℓ)

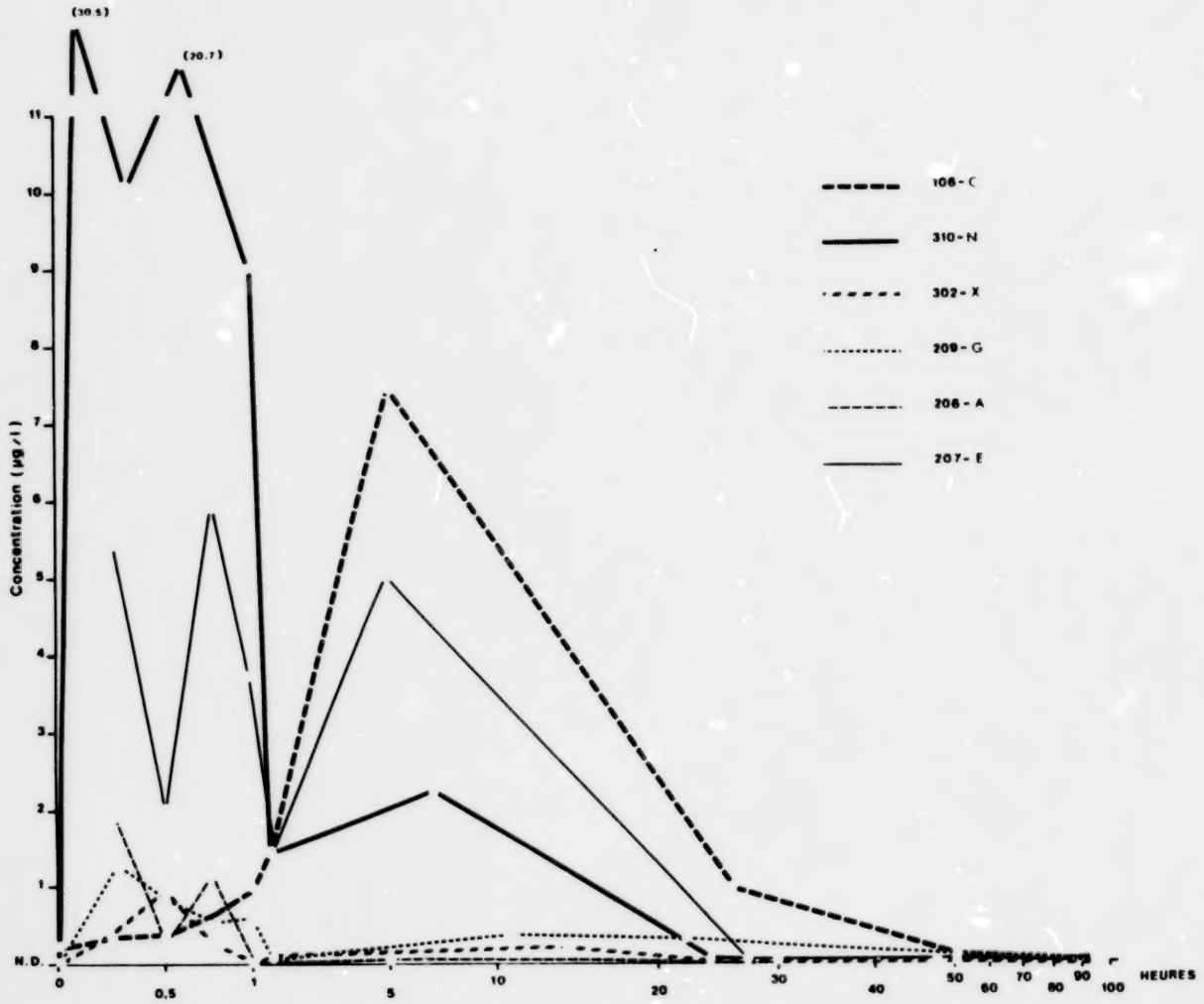

Figure 3: Disparition des résidus d'insecticides en milieu lotique.

4.2 Extérieur de l'aire traitée

4.2.1 Milieu lotique

Le tableau 5 présente les résidus décelés dans la rivière St-Jean et les conditions d'application des insecticides. Dans la station A, à 7.5 km du bloc traité, les résidus d'aminocarbe n'ont été détectés (<0.01 µg/ℓ) à aucun moment, tandis que ceux du fénitrothion l'ont été à deux reprises, à des niveaux de 0.076 et 0.012 µg/ℓ (respectivement 0.5 et 4 jours après l'arrosage). Dans la station B, à 35 km du bloc traité, le fénitrothion et l'aminocarbe ont été décelés chacun une seule fois, à des concentrations respectives de 0.137 µg/ℓ (0.5 jours) et 0.013 µg/ℓ (1 jour).

TABLEAU 5: Résultats d'analyses des insecticides fénitrothion et aminocarbe recherchés dans la rivière St-Jean suite aux pulvérisations aériennes dans le bloc 313.

Date	Station A (7.5 Km)		Station B (35 Km)	
	Fénitrothion µg/ℓ	Aminocarbe µg/ℓ	Fénitrothion µg/ℓ	Aminocarbe µg/ℓ
20 juin	N.D.*	N.D.	N.D.	N.D.
21 juin A.M	Arrosage complet du bloc avec du fénitrothion, 210 g I.A./ha (ligne 1 à 23)			
21 juin	0.076	--	0.137	--
22 juin	N.D.	--	N.D.	--
23 juin	N.D.	--	N.D.	--
24 juin	N.D.	--	N.D.	--
25 juin	N.D.	--	N.D.	--
26 juin	N.D.	--	N.D.	--
27 juin	N.D.	--	N.D.	--
28 juin	N.D.	--	N.D.	--
28 juin P.M	Arrosage partiel du bloc avec de l'aminocarbe, 52 g I.A./ha (ligne 10 à 14, 15 partielle)			
29 juin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
30 juin	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
01 juillet	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
02 juillet	0.012	N.D.	N.D.	N.D.
03 juillet	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
03 juillet P.M	Arrosage partiel du bloc avec de l'aminocarbe, 52 g I.A./ha (ligne 1 à 9, 16 à 23, 15 partielle)			
04 juillet	N.D.	N.D.	N.D.	0.013
05 juillet	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
06 juillet	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
07 juillet	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
08 juillet	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
09 juillet	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

* Non-détecté (<0.01 µg/ℓ)

REFERENCES

1- Morin, R., Gaboury, G., Mamarbachi, G. et Dostie, R. 1981. Surveillance des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec en, 1981: Résidus de fénitrothion et d'aminocarbe dans l'environnement.

2- Elner, J.K., Wildish, D.J. and Johnston, D.W. 1981. Fate of sprayed formulated aminocarb in freshwater. Chemosphere 10, 1025-1034.

3- Sundaram, K.M.S., Kingsbury, P.D. and Holmes, S.B. 1984. Fate of chemical insecticides in aquatic environments. ACS Symposium Series No. 238, Chemical and biological controls in forestry, 253-276.

4- Greenhalgh, R., Dhawan, L. and Weinberger, P. 1980. Hydrolysis of fenitrothion in model and natural aquatic systems. J Agric. Food Chem. 28, 102-105.

5- Marotte, P.M., Mamarbachi, G. 1982. Etude de la dégradation de l'aminocarbe et du fénitrothion dans des échantillons d'eau conservés dans des glacières. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Energie et des Ressources, Service d'Entomologie et de Pathologie, 8p.